

Az élet eredete

Az élet anyagi eredete nem bizonyított, sőt a tudományos tapasztalatok alapjaiban megkérdőjelezzik.

Volt idő, amikor az emberek azt hitték, bizonyos állatok maguktól jöttek létre, teljesen kifejlett állapotban, az élettelen anyagból. Az elméletet „spontán keletkezés”-nek nevezték el. Ma ezt az elméletet pusztán babonának tartjuk, de annak idején sokan meg voltak róla győződve, hogy a józanész és a tapasztalatok is ezt bizonyítják. Hiszen ha kint hagyjuk a rothadó húst, talán nem borítják el hamarosan mindenféle férgek? Vagy a fészker sarkában hagyott piszkos rongy talán nem válik hamarosan egérfészékké?

A tudományos módszerek fejlődésével azonban a spontán keletkezés elméletét kezdték kétségbe vonni. 1668-ban Francesco Redi egy kísérletben azt vizsgálta, hogy a bomló ételben vajon a férgek maguktól képződnek-e. Ugyanolyan nyershús-mintákat helyezett agyagkorsókba: az egyik csoportot muszlinkendővel takarta le, a másikat fedetlenül hagyta. Néhány nap múlva az első csoport mintáit takaró muszlinkendőt légyveték borították el, magában a húsból azonban egyetlen egy sem volt. A nyitott korsókban ezzel szemben a hús tele volt petékkel, amelyekből hamarosan nyüvek keltek ki. Redi bebizonyította, hogy a nyüvek nem pusztán apró férgek, amelyek spontán keletkeznek a rothadó húsból, hanem légylárvák. Tudományosan bebizonyította, hogy legalábbis bizonyos életformák csakis más élő szervezetekből alakulhatnak ki.

A spontán keletkezés elmélete hanyatlásnak indult, ám utolsó bástyájaként megmaradt a mikroszkopikus élővilág. A mikroszkóp egy addig láthatatlan és nem is gyanított világ létezését tárta fel. A mikroszkopikus lények olyan aprók voltak és olyan egyszerűnek tűntek, hogy nem volt nehéz azt hinni, spontán módon keletkeztek az élettelen anyagból. Hiszen ha szalmadarabkákat hagytak rothadni egy tál vízben, a víz hamarosan baktériumoktól hemzsegett.

Az 1860-as évek elején Louis Pasteur azonban ezt az elméletet is megcáfolta. Bebizonyította, hogy a víz is baktériummentesen tartható, ha forralás után csak tiszta levegővel hagyjuk érintkezni. Így kísérletileg igazolta, hogy a szalmaszál rothadása nyomán rejtélyesen megjelenő mikroszkopikus élőlények a levegőben található baktériumoktól származnak.



Louis Pasteur, aki igazolta, hogy a spontán keletkezésről szóló korabeli elméletek nem érvényesek

Ugyanabban az időben, amikor Pasteur a kísérleteit végezte, Charles Darwin és társai az evolúció mechanikus elméletének megfogalmazásán dolgoztak. Pasteur felfedezései ugyan a tudományos ismeretek fejlődését szolgálták, ám zavarták a tisztán természetes eredet eszméjét. Redi és Pasteur igazolták, hogy élettelen anyagból nem keletkeznek kifejlett élő szervezetek, legyen szó akár egerekről, akár mikrobákról. Ám a darwinizmusnak, az evolúció uralkodó elméletének, nyilvánvalóan valamiféle természetes eredetre volt szüksége. Hogyan vált ez lehetségessé?

Az 1920-as években egy Alexander Ivanovics Oparin nevű orosz tudós a kérdés új megközelítését javasolta. Az élet az élettelen anyagból keletkezett, indítványozta, de nem egyszerre,

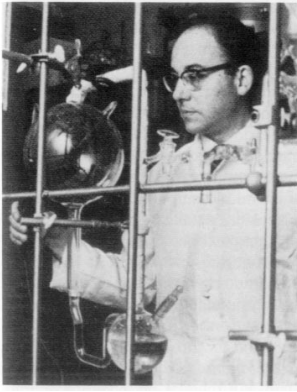
hanem nagyon fokozatosan, apró lépéseken keresztül. Ahogy a biokémikusok tanulmányozták az élet kémiáját, úgy tűnt számukra, lassan e lépések részletei is kibontakoznak előttük: először egyszerű vegyületek kombinációi szerves vegyületeket – például aminosavakat – hoztak létre, amelyek aztán nagyobb, összetettebb molekulákká – többek között fehérjékké – formálódtak, amelyek később egyesülve térhálót alkottak és kialakították a sejtfalat. Oparin hipotézisét „**prebiotikus evolúció**”-nak, (prebiotikus annyit jelent, hogy „élet előtti”) vagy „**kémiai evolúció**”-nak nevezik (mivel az elmélet szerint az élet egy vegyületekben gazdag tengerben, az ún. prebiotikus vagy őslevesben keletkezett). Az Oparin-féle hipotézis lett az élet eredetének bevett evolucionista megközelítése. Oparin és más, későbbi tudósok felvetették, hogy a kémiai vegyületek véletlen kölcsönhatása végül nem vezet életképes molekulákhoz. A tudósok már nem hiszik, hogy a véletlen elég lenne. Ehelyett elméleteket állítanak fel arra vonatkozóan, hogy az élő szervezetekben látható rendezett szerkezet az anyag belső önszervező képességének a következménye. A mai álláspont szerint az anyag önszerveződő képességgel rendelkezik, ami végül elvezet az élethez.

Élet a kémcsőben

Oparin hipotézisének egyik előnye az volt, hogy bizonyos mértékig vizsgálni lehetett. Nem közvetlenül, természetesen, hiszen a múltbeli eseményeket – ebben az esetben az élet keletkezését – nem tudjuk megfigyelni. Ehelyett történeteket lehet gyártani arról, hogy mi történhetett a múltban, majd kísérleteket lehet végezni, hogy kiderüljön, vajon ma is hasonló események következnek-e be. Ezeket szimulációs kísérleteknek nevezik, mert az a céljuk, hogy szimulálják velük, mi történhetett a földtörténet korai szakaszában, az élet keletkezésekor.

Oparin feltevése szerint az egyszerű légköri gázok – metán, etán, ammónia, hidrogén és vízgőz – kémiai reakcióiból keletkezett az élet. E reakciókat a környezetben előforduló különböző energiaformák – villámlás, vulkánok hőenergiája, földrengések kinetikai energiája és napfény – aktiválták. Ha a vegyületek és a környezeti energia szerencsésen találkoztak, az atmoszférikus gázok átalakulhattak sokkal bonyolultabb kémiai anyagokká – aminosavakká, zsírsavakká és cukrokká. Ezek felhalmozódhattak a primitív óceán vizében, amíg mennyiségük (koncentrációjuk) elégséges lett ahhoz, hogy összekapcsolódjanak és még nagyobb, még bonyolultabb molekulákat – például fehérjéket és DNS-t – alkossanak. Végül ezek a molekulák is kombinálódtak egymással, és összefüggő részecskéket – ún. **koacervátumokat** (folyékony cseppecskéket vagy buborékszerű struktúrákat) – alkottak. Ezekből jöhettek létre az első igazi sejtek, sejtfallal, komplex anyagcsere-rendszerrel, genetikai kóddal és reprodukációs képességgel.

Vajon hogyan tudták ezt a hipotézist laboratóriumban vizsgálni? A tudósok az Oparin által javasolt egyszerű gázokat összekeverték, majd a gázelegyet különböző energiaformák – ultraibolya fény (a napfény szimulálására) és elektromos kisülések (a villámlás szimulálására) – behatásának tették ki. 1953-ban Stanley Miller és Harold Urey publikálta az első ilyen jellegű kísérletet. Sűrű, kátrányszerű anyag képződött a lombikban. Miután megvizsgálta az anyagot, Stanley Miller néhány – a mai fehérjékben is előforduló – aminosavat azonosított. Azóta más biológiai vegyületeket is sikerült kimutatni hasonló, atmoszférát szimuláló kísérletekben. Az így előállított vegyületek listája tartalmazza az élő szervezetekben található legtöbb létfontosságú szerves vegyületet.



Stanley Miller mint ifjú doktorhallgató, az eredeti élet-eredet kísérlethez használt készülékkel

Természetellenes körülmények

Képzeltük, micsoda izgalom lett úrrá a tudóstársadalmon, amikor e kísérleti eredményeket először közzétették. A korai kísérletek sikere jelentősen megnövelte az evolúció-elmélet hiteletét. Amikor azonban a tudósok túl akartak lépni az élet legegyszerűbb építőkövein, alábbhagyott a lendület. Az egyszerű vegyületektől az élet komplex molekuláihoz – a fehérjékhez és a DNS-hez – vezető lépés rendkívül nehéznek bizonyult. Eddig a probléma megoldásán dolgozó tudósok összes fáradozása ellenére sikertelen maradt.

A legnagyobb gondot az jelenti, hogy bizonyos kémiai reakciók egészen könnyen végbemennek, míg mások egyáltalán nem. Az élet legegyszerűbb építőkövei viszonylag egyszerűen kialakulnak. Képződésük az egyszerűen végbemenő kémiai reakciók kategóriájába tartozik. Azonban a DNS és a fehérjék kialakításához szükséges reakciók nem egykönnyen játszódhatnak le. Valójában ezek a termékek mind a mai napig egyetlen szimulációs kísérletben sem voltak kimutathatók.

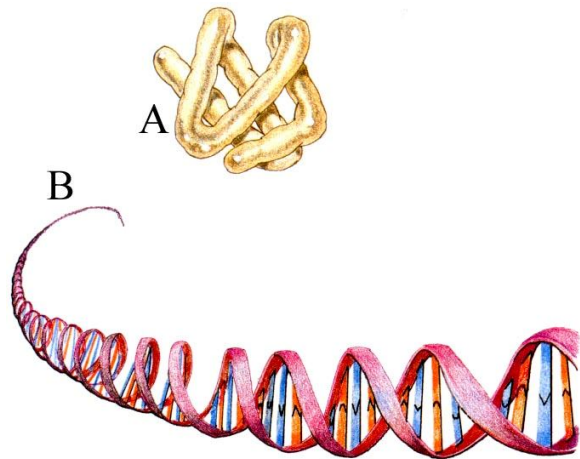
Ráadásul néhány tudós rendkívül kritikusan viszonyul a szimulációs kísérletek felállításának előfeltételezéseihez. Az ilyen kísérleteknek azt kellene szimulálniuk, hogy az ésszerűség határain belül vajon mi történhetett egykor természetes körülmények között. Ám nagyon gyakran nem ez történik.

Oxigén a levegőben

Például a fiatal Föld légkörét szimuláló összes kísérletben kizárták a molekuláris oxigént. Ennek az az oka, hogy az oxigén problémaként hat, megakadályozza a szerves vegyületek képződéséhez vezető kémiai reakciókat. Továbbá, ha bármilyen szerves vegyület keletkezik, az oxigén hatására azonnal elbomlik, az oxidációnak nevezett folyamatban. (Sok tartósítószer egyszerűen olyan anyag, amely az élelmiszert megóvjja az oxidáció hatásától.)

Emiatt aztán a kémiai evolúció története szerint a föld légkörében nem volt oxigén az élet keletkezésekor. Ma már azonban a tudósok egyértelműen azon az állásponton vannak, hogy az oxigén a kezdetektől fogva jelen volt a Föld légkörében. Sok ásvány reagál az oxigénnel (pl. a vas rozsdásodása), s az így képződő oxidok megtalálhatók azokban az ásványokban, amelyek az elmélet szerint korábbiak az élet keletkezésénél. Továbbá a földet a biológiai életre nézve halálos ultrabolya sugárzástól védő ózonpajzs létrejöttéhez is megfelelő nagyságú oxigénkoncentráció szükséges. Egyértelmű, hogy a fiatal föld légkörét szimuláló kísérletekben oxigénnek is jelen kellene lennie.

Fehérje és DNS molekulák. A fehérje molekulát (A) felcsavarodott formában ábrázolja a kép, amely formát a molekula egyes részei között ható kémiai és fizikai erők stabilizálnak, ezért különbözik egymástól minden egyes fehérje. A DNS (B) a híres kettős spirál (dugóhúzó) formában látható az ábrán



Reverzibilis (visszafordítható) reakciók

A második akadály, amely minden evolúciós elmélettel szemben felállítható, egy paradoxon. Bizonyos vegyületek egészen könnyen reagálnak egymással. Könnyen összekapcsolódnak, mint a mágnes északi és déli pólusa. Más vegyületek ellenállnak a reakciónak. Reakcióba vitelük hasonló ahhoz, mint amikor két mágnes északi pólusait akarjuk összeilleszteni. Az ilyen kémiai reakciók véghezviteléhez energiára van szükség (pl. hőenergiára vagy elektromosságra). De – és itt a paradoxon – ez az energia széthasítja a képződött vegyületeket. Valójában az energia inkább széthasítja őket, mint hogy segítene kötést kialakítani közöttük.

Amikor a vegyészek kémiai anyagok keverékét hőhatásnak vagy elektromosságának teszik ki, előfordulhat, hogy keletkeznek bizonyos vegyületek, mások azonban ugyanakkor szétesnek. Mivel a bomlási folyamatok sokkal nagyobb valószínűséggel fordulnak elő, a nettó végeredmény csak kis számú kémiai vegyület lesz. A keletkező molekulák általában egyszerűbbek, mivel az esetleg képződő összetettebb molekulák gyorsan egyszerűbb alkotórészeikre bomlanak.

A szimulációs kísérletekben az aminosavakat és egyéb képződő termékeket egy csapdával kivonják a rendszerből, hogy megóvják őket az újbóli széttörődéstől. De nincs semmi bizonyíték arra, hogy a természetben is valami hasonló csapda működött volna. Ezért a csapdás kísérletek eredményeiről szóló beszámolók hiteltelenek. Az ilyen kísérleteknek ugyanis az ősi föld természetes közegében valószínűleg lejátszódott történéseket kellene reprodukálniuk, többségük azonban nem ezt teszi. Ezek pedig éppen a természet szimulációjának célját ássák alá.

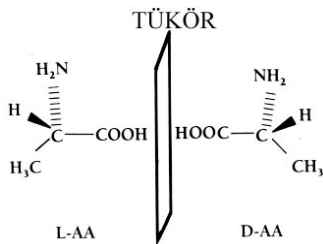
Kémia három dimenzióban

Az aminosavak, a cukrok, a fehérjék és a DNS nem egyszerű kémiai vegyületláncok. Először is, rendkívül különleges háromdimenziós szerkezetük van. Amikor laboratóriumban szintetizálják őket, lehet, hogy megfelelő kémiai alkotóelemekkel rendelkeznek, a háromdimenziós struktúrájuk azonban rossz.

Az aminosavak például kétféle formában keletkezhetnek, amelyek egymás tükörképei (1. ábra), ugyanúgy, ahogy a jobbkezes és a balkezes kesztyűk is tükörképei egymásnak. A kétféle térszerkezeti formát jobbra forgató és balra forgató aminosavaknak nevezzük. Az élő szervezetek fehérjeiben csak balra forgató aminosavakat találunk. A jobbra forgató alakok egy-

szerűen nem „illenek” a sejt anyagcseréjébe, ugyanúgy, ahogy a jobbkezes kesztyű sem illik a bal kézre. Ha csak egyetlen jobbra forgató aminosav bekerül a fehérjébe, a fehérje működőképessége jelentősen lecsökken, gyakran teljesen működésképtelenné válik. (Ugyanígy, az RNS és a DNS csak jobbra forgató cukrokat tartalmaz.)

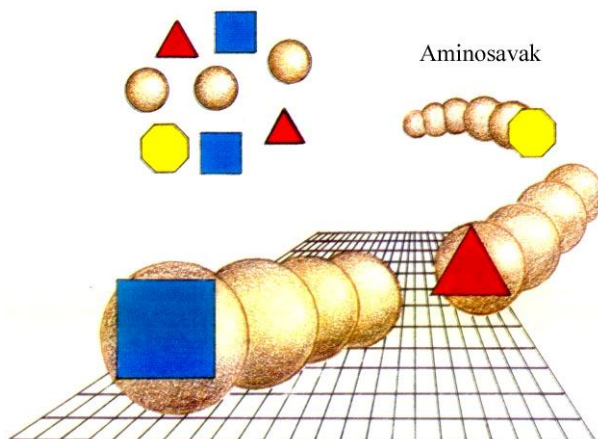
A kutatók eddig nem találtak olyan természetes körülményeket, amelyeket a szimulációs kísérletekbe foglalva, azok csak a helyes háromdimenziós szerkezetet eredményeznék. Amikor aminosavakat laboratóriumban állítanak elő, az eredmény a két forma egyenlő arányú keveréke, akár egy halom balkezes és jobbkezes kesztyű. Az élet ebben és más tekintetben is olyan jellemzőket mutat, amelyek látszólag távol állnak mindentől, ami természeti körülmények között létrejöhet.



1. ábra. Az aminosavak kétféle: jobbra forgató (D-) és balra forgató (L-) formában is léteznek. A képen az alanin nevű aminosav két formája látható

Keresztreakciók

Egyes reakciók könnyen lejátsszódnak, míg mások nem, s ez újabb problémát vet fel. Ahogy már említettük, a biológiailag fontos vegyületeket eredményező reakciók abba a típusba tartoznak, amelyeket csak mesterséges körülmények között lehet végrehajtani. Az aminosavak például nem egykönnyen reagálnak egymással, ennek folyományaként viszont egyéb anyagokkal könnyen reakcióba lépnek. És itt a bökkenő. Ha aminosavak keletkeztek is a fiatal Földön, biztosan nem lebegtek szerteszét a tavakban és pocsolyákban, pusztán arra várva, hogy a megfelelő aminosav-partner felbukkanjon a fehérjeképzéshez. Ehelyett nyilvánvalóan mindenféle keresztreakcióban, egyéb vegyületekkel reagálva megkötődtek, s így alkalmatlanná váltak bármilyen biológiailag hasznos funkcióra (2. ábra). Ez magyarázza, hogy a tényleges kísérletekben zömmel miért csak nagy mennyiségű nem biológiai ragacs keletkezett.



2. ábra. Keresztreakciók. Az őslevesben semmi sem akadályozta volna meg az aminosav-láncok reakcióit az őslevesben lévő számtalan egyéb alkotórésszel, így azok megkötődtek volna, és alkalmatlanná váltak volna arra, hogy fehérjemolekulákká álljanak össze

Összefoglalva, a legtöbb szimulációs kísérlet nem utánozza élethűen a korai földön valószínűleg uralkodó körülményeket. Számításba véve az oxigén jelenlétét, a reverzibilis reakciókat, a keresztreakciók túlsúlyát és az egyforma háromdimenziós szerkezetek valószínűtlenségét, azt a következtetést kell levonnunk, hogy a fiatal Földön uralkodó körülmények messze

nem voltak kedvezőek az élet spontán kialakulásához. A fiatal Földön uralkodó körülmények sokkal inkább a bomlási folyamatoknak kedveztek, mint a szintézisnek. A kísérletek nem támasztották alá azt az elképzelést, hogy a kiindulási anyagok eredendő önszerveződő képességgel rendelkeztek volna.

Az élet nyelve

Az újságcikkeket, sőt még egyes tankönyveket olvasva is gyakran az a benyomásunk támad, hogy a tudósok már közel járnak ahhoz, hogy „életet teremtsenek” a laboratóriumban. Azonban az eddig laboratóriumban szintetizált vegyületek nem rendelkeznek azzal a speciális szekvenciával, illetve a szükséges háromdimenziós struktúrával, amely a biológiai működéshez szükséges lenne.

Noha az élő szervezetek egyszerű vegyületekből épülnek fel, ebből nem szabad azt a következtetést levonnunk, hogy maguk az élő szervezetek is egyszerűek. Shakespeare szonettjei művészi összetettek, annak ellenére, hogy a bennük található szavakat és mondatokat egyszerű betűkből állította össze a szerző. Mozart darabjai is zeneileg komplex műalkotások, annak ellenére, hogy megfelelő mintába rendezett egyszerű hangjegyekből állnak. A döntő tényező az élő szervezetek esetében nem az egyszerű összetevők, hanem a minta jelenti.

Melyek azok a minták, amelyek alapvetőek az élethez? Amióta felfedezték a DNS-molekulát, a legtöbb tudós a DNS-ben kódolt információra hivatkozva definiálja az életet. Ez az az információ, amely irányítja a testünkben lévő összes sejt fejlődését és működését.

Az élet eredete tehát magában foglalja a kódolt információ eredetét is. Az élet szempontjából kritikus óriásmolekulák – így a fehérjék és a DNS – sokkal inkább egy ismert nyelven megszerkesztett üzenet mintájára épülnek fel, ahol az egyszerű vegyületek a betűk, amelyek a megfelelő sorrendben szavakat, kifejezéseket, mondatokat alkotnak. Az „üzenetet” a sejt dekódolja, ugyanúgy, ahogy a Morse-ábécé pontjait és vesszőit tudja dekódolni az, aki ismeri a jelentésüket.

A körülöttünk lévő világban a dolgok két osztályba sorolhatók: természeti tárgyak, pl. folyók és hegyek, illetve ember alkotta struktúrák, pl. házak és számítógépek. Az eredet fogalomrendszerénél maradva, a dolgoknak kétféle okuk lehet: természeti és intelligens.

Egységes tapasztalatok

Hogyan döntsük el, hogy valami természeti folyamatok eredménye, vagy **intelligens okoké**? A legtöbben gondolkodás nélkül tesszük ezt. Látjuk a felhőket és korábbi tapasztalataink alapján tudjuk, hogy azok természeti okok eredményei. Nem érdekes, hogy az alakjuk mennyire tekervényes, tudjuk, hogy a felhő egyszerűen vízgőz, amelynek alakját a szél és a hőmérséklet formálja. Másrészt, ha a felhőkhöz nagyon hasonló jelenséget látunk az égen, amelyből kibetűzhetők a „szavazz Kovácsra” szavak, azonnal tudjuk – hiába fehér és bolyhos a képződmény, akár a felhő –, hogy a szavak nem keletkezhetek természetes folyamatok eredményeképpen. Miért nem? Mert tapasztalataink – és nemcsak a mieink – azt mondják, hogy természetes okok nem hozhatnak létre olyan komplex struktúrákat, mint egy írott nyelvi üzenet.

Amikor a „Jancsi szereti Juliskát” üzenetet találjuk a homokba írva, azonnal feltételezzük, hogy az egy intelligens ok eredménye. A tapasztalat a tudomány alapja is. Amikor egy kódolt, komplex üzenetet találunk a sejtmagban, ésszerű lenne ugyanezt a következtetést levonni. A tudósok ellenőrzött kísérleteket alkalmaznak annak meghatározására, hogy adott körülmények

között milyen eredmények fordulnak elő. Az eredmények, amelyeket következetesen és szabályosan megfigyelünk, adják az általunk felállított törvények alapját.

Más szóval, amikor a tudósok a sejtmagot kutatták, végül olyan jelenségre bukkantak, amely hasonló ahhoz, mintha a „Jancsi szereti Juliskát” üzenetet találnák a homokba írva, vagy a „szavazz Kovácsra” mondatot az égre írva. A legnagyobb különbség az, hogy a DNS szövege sokkal bonyolultabb. Ha a testünk egyetlen sejtjében kódolt információt írógépen kellene leírni, egy egész könyvtárra való könyvet megtöltene.



Ha jelentése van, még a legrövidebb üzenet is óhatatlanul intelligens forrásról árulkodik

Létezik olyan természeti ok, amely képes ilyen mintákat létrehozni? Ha azt állítjuk, hogy a DNS és a fehérjék természeti okok következményei, amit a kémiai evolúció hozott létre, azzal valójában azt mondjuk, hogy komplex, kódolt üzenetek keletkeztek természetes úton. Ugyanúgy, mintha azt mondanánk, hogy a „Jancsi szereti Juliskát” üzenet a hullámok hatására vagy a homokszemcsék önszerveződő képessége folytán jött létre a homokban. Olyan ez, mintha a naplementét ábrázoló festmény spontán jött volna létre a vászon és a festék atomjainak kölcsönhatása folytán. A tapasztalataink során mikor talákoztunk hasonló jelenséggel? Ha bármikor jelentéssel felruházott szimbólumok meghatározott sorrendjét ismerjük fel, feltételezzük, hogy intelligens ok keze munkáját látjuk. Akkor is ugyanezt feltételezzük, ha nem tudjuk megfejteni a szimbólumokat, csakúgy, mint amikor a régészek felfedeznek egy kőbe vésett ősi írást. Ha a tudomány tapasztalaton alapul, akkor a tudomány azt mondja nekünk, hogy a DNS-ben kódolt üzenet egy intelligens októl ered.

De vajon milyen intelligens tényezőtől? A tudomány önmagában nem tudja megválaszolni ezt a kérdést, e tekintetben a hitre és a filozófiára kell hagyatkoznia. De attól még a tudománynak el kellene ismernie, ha bármikor intelligens ok létezésére utaló bizonyítékot észlel. Ennek még akkor is így kellene lennie, ha felfedeznénk, hogy az élet tényleg természeti eredetű. A tudomány alapján még akkor sem tudnánk megmondani, hogy valóban csak a természeti ok játszott-e szerepet, vagy pedig a végső magyarázat a természet felette áll, és csak felhasználta a természeti okot.

(Percival Davis és Dean H. Kenyon: Pandák és emberek c. könyve alapján.)